



# Semicondutores



# Semicondutores

- Classificação de Materiais
  - Definida em relação a condução elétrica
  - Materiais **condutores**
    - Facilita o fluxo de carga elétrica
  - Materiais **isolantes**
    - Dificulta o fluxo de carga elétrica

# Semicondutores

## □ Resistividade ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{RA}{l} \Rightarrow \Omega \cdot \text{cm}$$

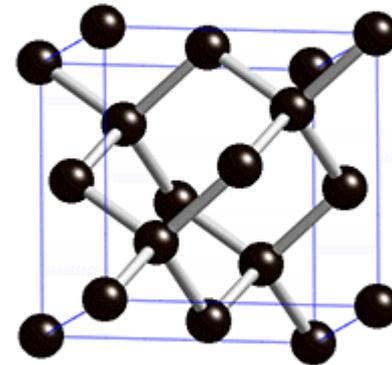
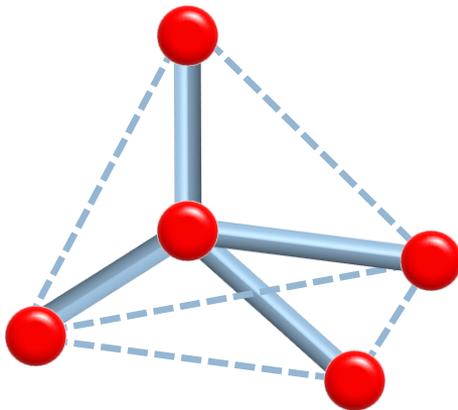
- Relaciona-se diretamente com a dificuldade de fluxo de carga elétrica.
- Valores típicos
  - Cobre (condutor):  $\rho \approx 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$
  - Mica (isolante):  $\rho \approx 10^{+12} \Omega \cdot \text{cm}$

# Semicondutores

- Materiais ***semicondutores***
  - ▣ Facilidade de fluxo de carga elétrica intermediário entre condutores e isolantes.
  - ▣ Principais materiais semicondutores:
    - Silício (Si)
    - Germânio (Ge)
  - ▣ Resistividade típica:
    - Silício (semicondutor):  $\rho \approx 50 \times 10^{+3} \Omega.\text{cm}$
    - Germânio (semicondutor):  $\rho \approx 50 \Omega.\text{cm}$

# Semicondutores

- Estrutura dos semicondutores
  - ▣ Apresentam um arranjo bem definido e repetitivo.
    - Arranjo estrutural em diamante.
    - Arranjo comum a elementos do grupo IV da tabela periódica (diamante, grafite, silício e germânio).

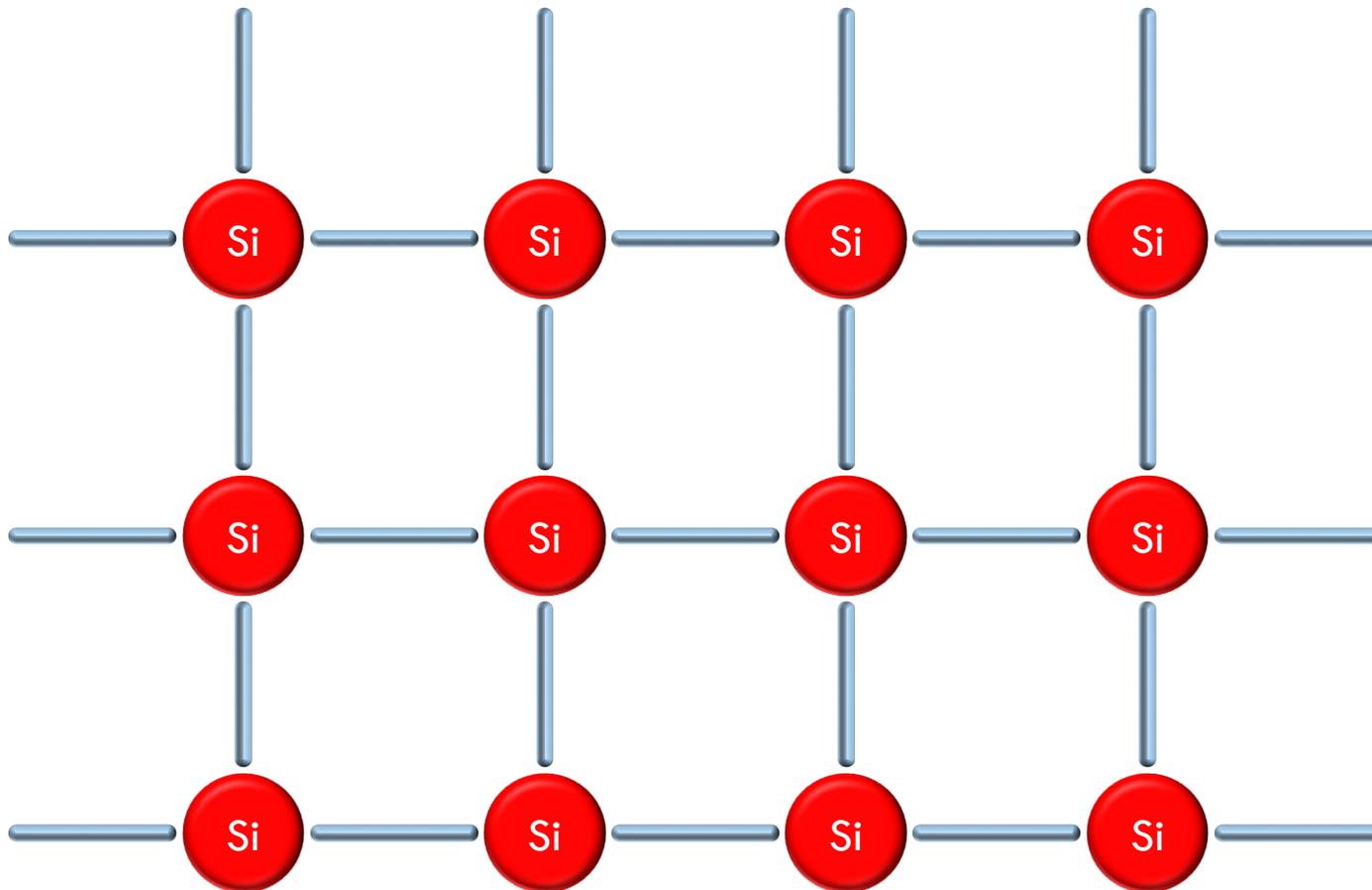


# Semicondutores

- Dos nossos estudos de química...
  - ▣ Átomo = elétrons (-) + núcleo.
  - ▣ Núcleo = prótons (+) + nêutrons (**sem carga**).
- A última camada = camada de valência
  - ▣ Átomos com 4 elétrons nesta camada são chamados átomos tetravalentes (carbono, silício e germânio).
  - ▣ Átomos tetravalentes compartilham estes 4 elétrons com outros átomos tetravalentes.
    - Ligação **covalente**.

# Semicondutores

- Estruturalmente temos:



# Semicondutores

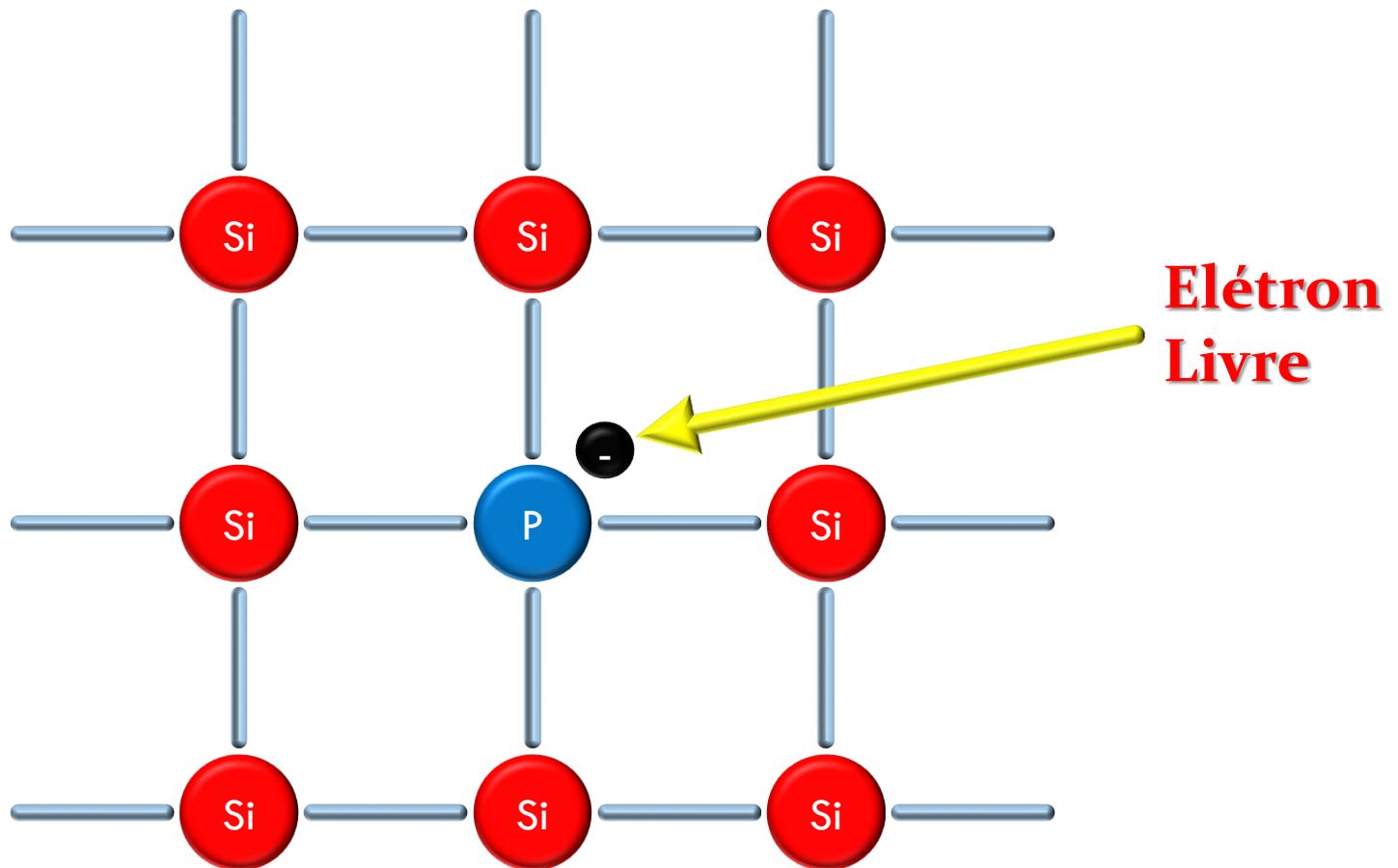
- Importante:
  - Nesse arranjo, o material é chamado intrínseco.
  - Fontes externas (calor, luz) podem levar os elétrons da camada de valência a adquirir energia cinética, quebrando uma ligação covalente.
  - Esse elétron pode “circular” pela estrutura.
    - Chamados **elétrons livres**.
    - Também chamados **portadores intrínsecos**.
    - Silício:  $1,5 \times 10^{10}$  elétrons livres.
    - Germânio:  $2,5 \times 10^{13}$  elétrons livres.

# Semicondutores

- Dopagem
  - Aplicação de **impurezas** (cuidadosamente) para controlar a condutividade do material a partir de fontes elétricas, térmicas ou luminosas.
  - Tal controle é importante para aplicações como amplificação de sinais, conversão CA-CC, etc.
  - Impurezas principais:
    - Fósforo, Antimônio (**penta**valente)
    - Boro (**tri**valente)

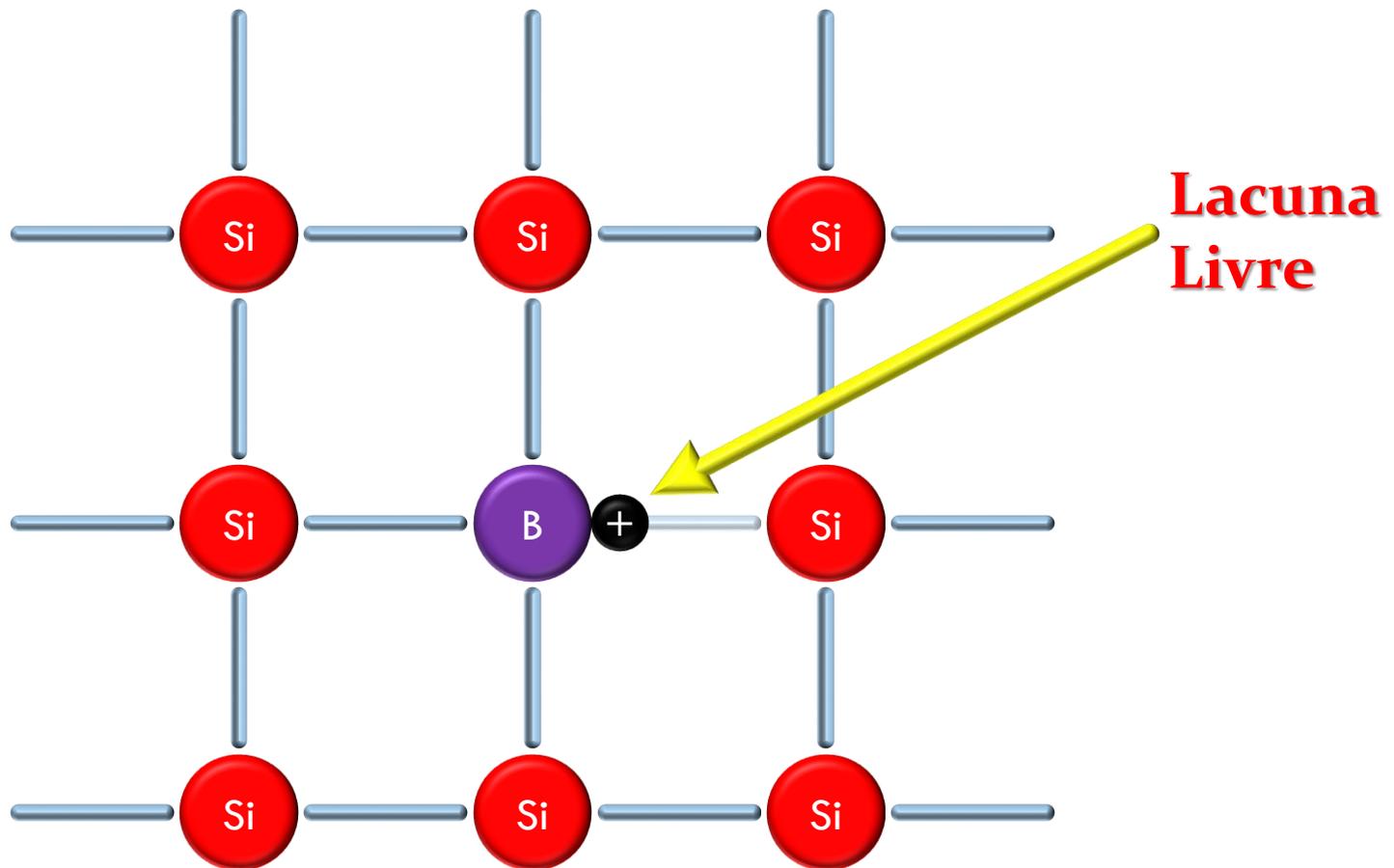
# Semicondutores

- Estruturalmente a impureza pentavalente gera:



# Semicondutores

- Estruturalmente a impureza trivalente gera:

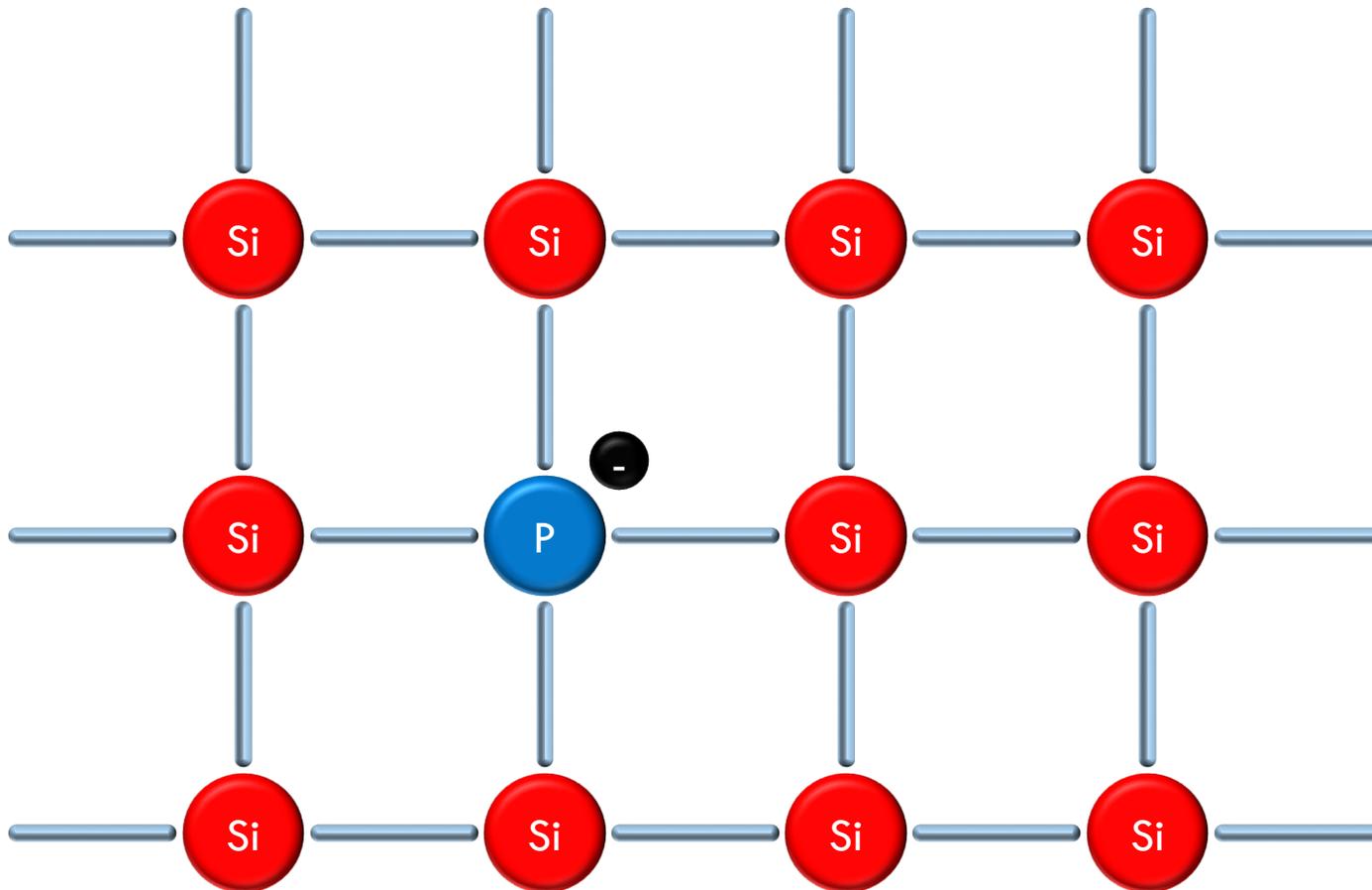


# Semicondutores

- Impurezas **pentavalentes** acrescentam elétrons livres à estrutura, tornando-a mais **negativa**
  - ▣ Material **tipo n**
  - ▣ São doadores de elétrons
- Impurezas **trivalentes** acrescentam lacunas livres à estrutura, tornando-a mais **positiva**
  - ▣ Material **tipo p**
  - ▣ São receptores de elétrons

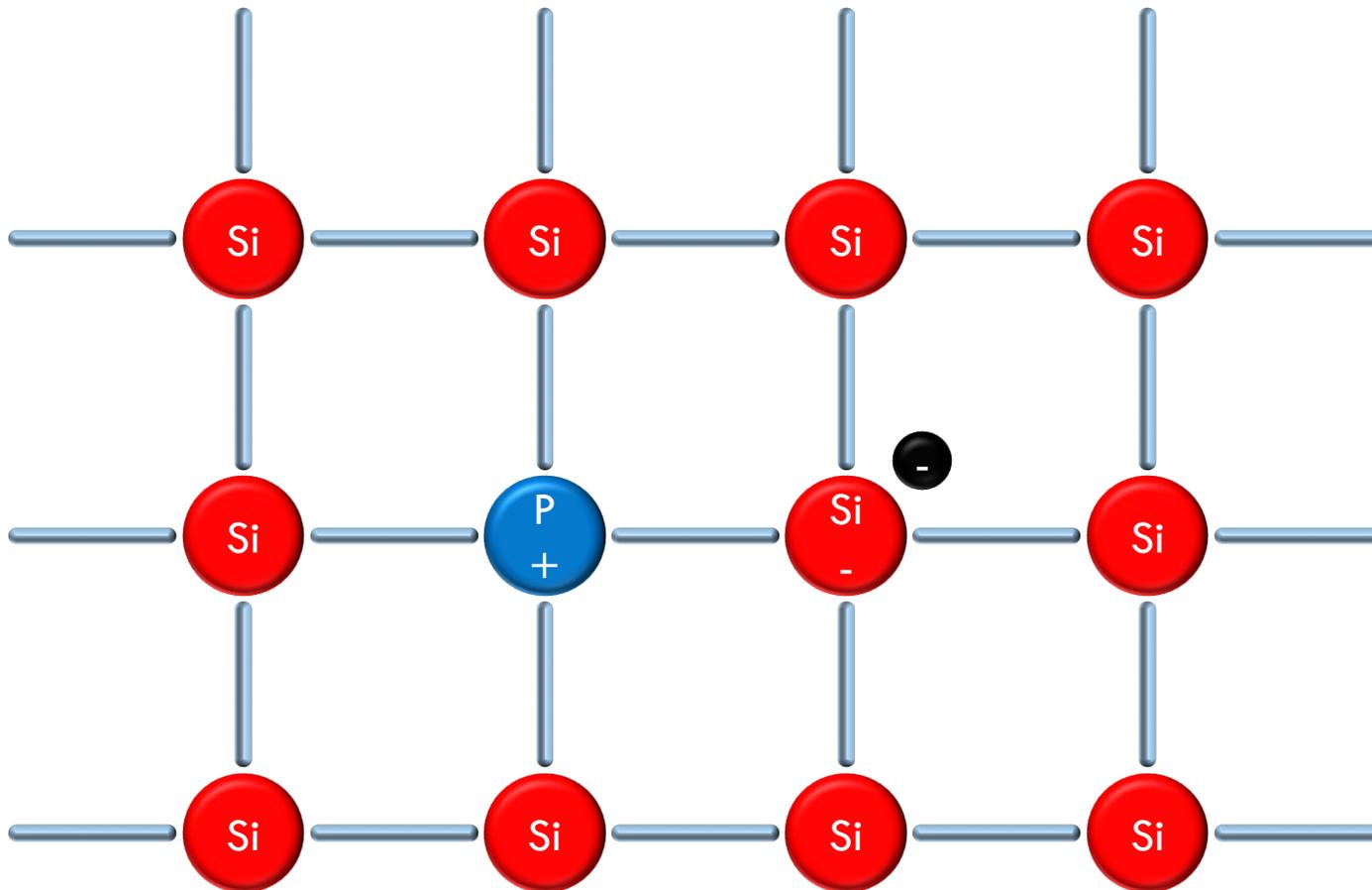
# Semicondutores

## □ Material do tipo n



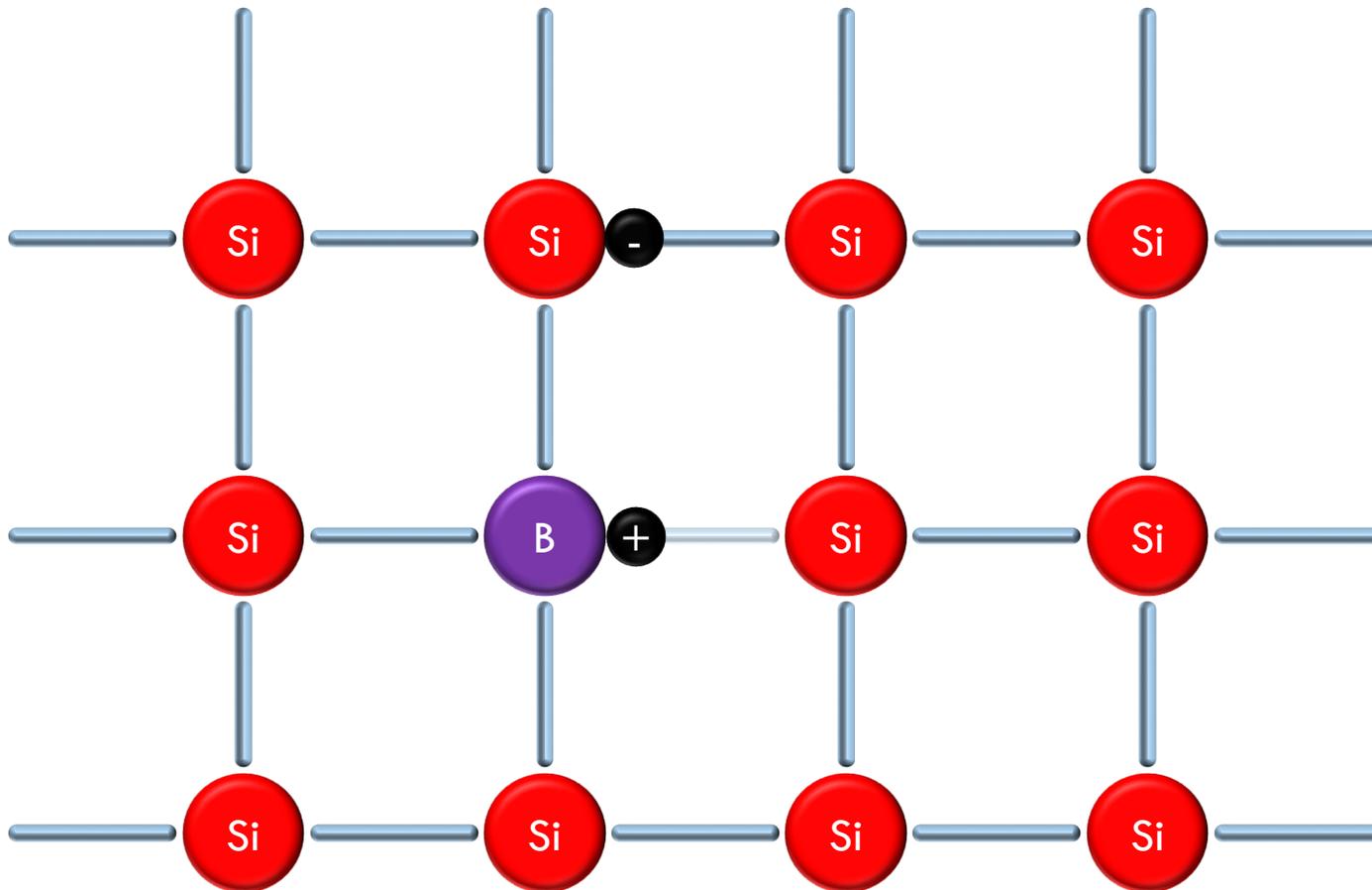
# Semicondutores

## □ Material do tipo n



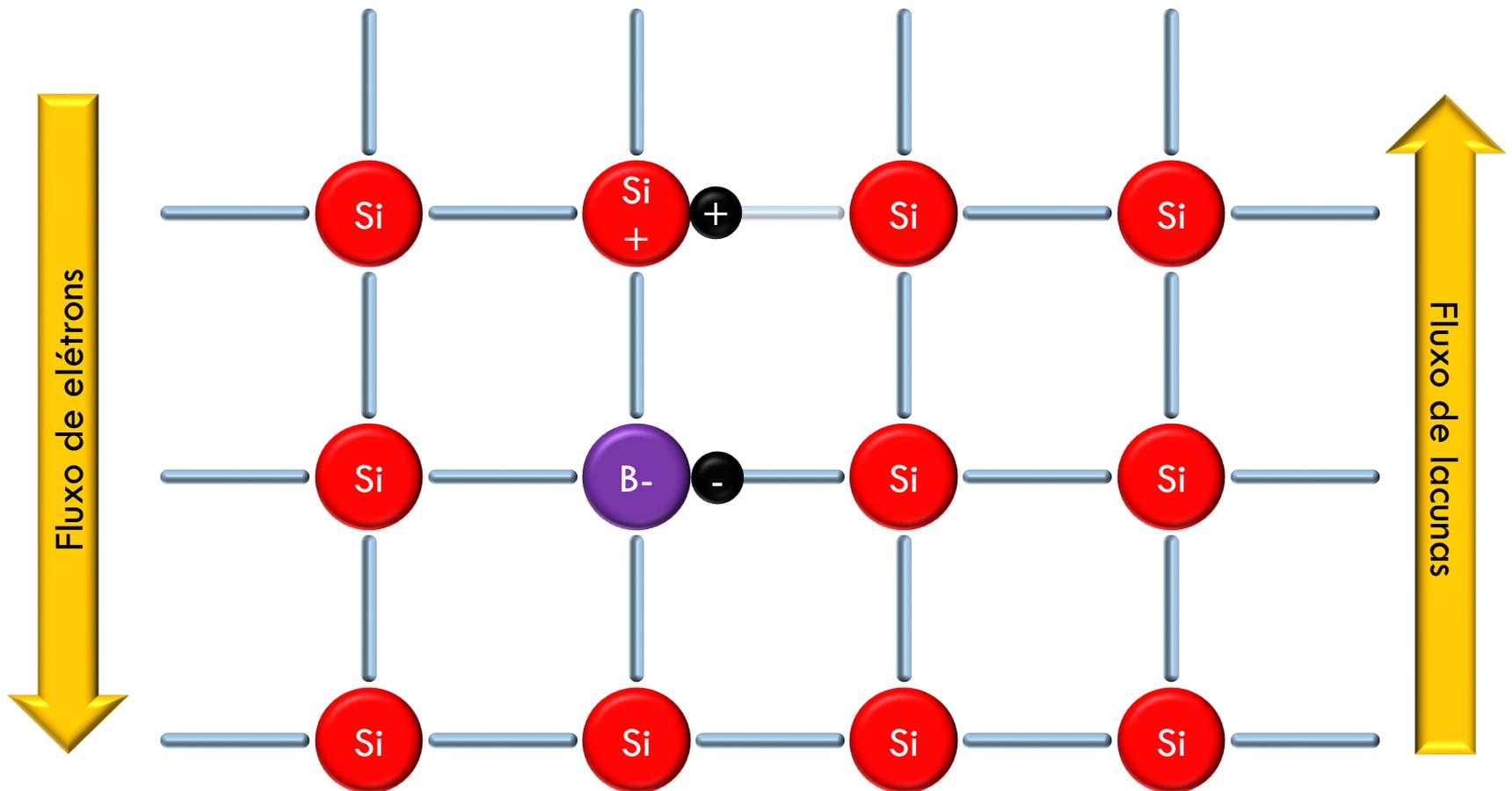
# Semicondutores

## □ Material do tipo p



# Semicondutores

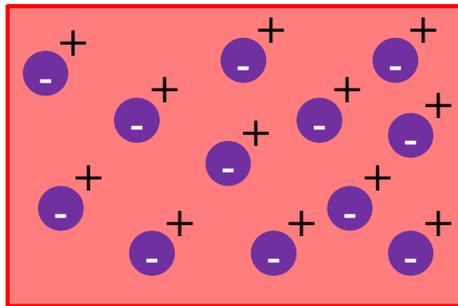
## □ Material do tipo p



# Semicondutores

- Estruturalmente temos:
  - ▣ Material p  $\rightarrow$  íons receptores + “lacunas” livres
  - ▣ Material n  $\rightarrow$  íons doadores + elétrons livres

Material p



Material n

